

JST-105-PCT
reference ⑦

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 06-201369

(43)Date of publication of application : 19.07.1994

(51)Int.Cl.

G01B 21/30

(21)Application number : 04-347984

(71)Applicant : MATSUSHITA ELECTRIC IND CO LTD

(22)Date of filing : 28.12.1992

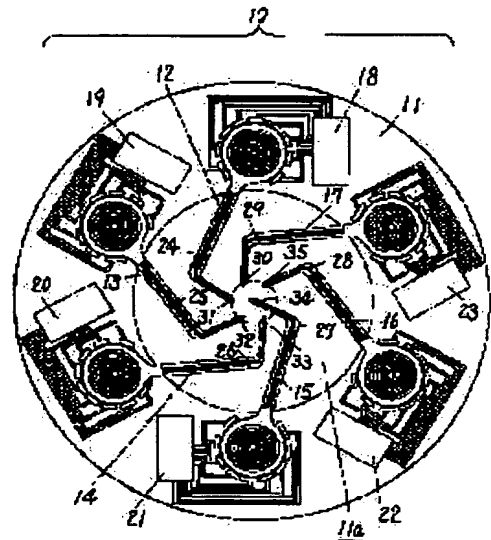
(72)Inventor : SHIBAIKE SHIGETO
MATSUMOTO SATOSHI

(54) MULTIPROBE HEAD OF SCANNING PROBE MICROSCOPE

(57)Abstract:

PURPOSE: To provide a multiprobe head of a scanning probe microscope capable of multilaterally observing the surface of each part of a sample.

CONSTITUTION: A multiprobe head 10 is constituted of six pieces of probes 12-17 arranged on a circumference on a silicon substrate 11 and drive circuits 18-23 are provided, and it is manufactured by using a semiconductor process with each of the probes 12-17 on the silicon substrate 11 including a wiring. On head ends of arms 24-29, probes 30-35 are respectively provided. Each of the probes 12-17 is provided at a point symmetrical position, but each of them can slightly move, and it is possible to multilaterally observe a sample by way of measuring the sample under various methods by changing the probes scanning the sample and simultaneously measuring various points and so forth. Each of the arms 24-29 is piezoelectrically driven by a piezoelectric element formed for each of them and precisely positions each of the probes 30-35 on the head end.



THIS PAGE BLANK (US77C

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平6-201369

(43)公開日 平成6年(1994)7月19日

(51)Int.Cl.⁵

G 0 1 B 21/30

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

Z 9106-2F

審査請求 未請求 請求項の数2(全 11 頁)

(21)出願番号 特願平4-347984

(22)出願日 平成4年(1992)12月28日

(71)出願人 000005821

松下電器産業株式会社

大阪府門真市大字門真1006番地

(72)発明者 芝池 成人

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器

産業株式会社内

(72)発明者 松本 聡

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器

産業株式会社内

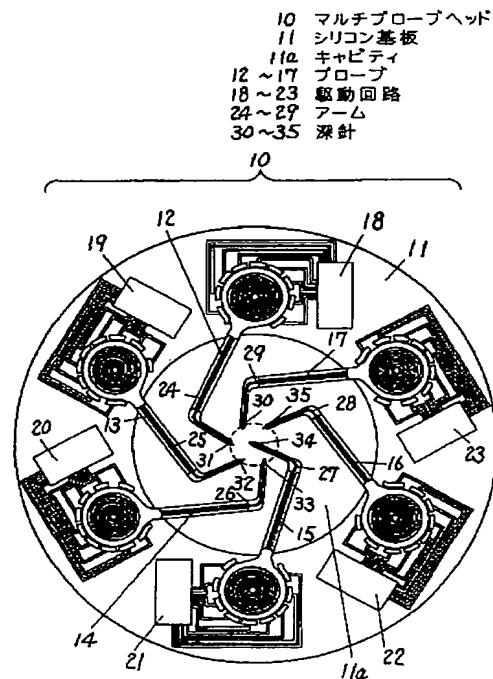
(74)代理人 弁理士 小銀治 明 (外2名)

(54)【発明の名称】 走査プローブ顕微鏡のマルチプローブヘッド

(57)【要約】

【目的】 試料各部の表面を多角的に観察できる走査プローブ顕微鏡のマルチプローブヘッドの提供。

【構成】 マルチプローブヘッド10は、シリコン基板11上に円周上に配置されている6本のプローブ12~17で構成され、駆動回路18~23が設けられており、配線も含めて、シリコン基板11上に各プローブ12~17とともに半導体プロセスを用いて作製した。アーム24~29の先端には、各々探針30~35が設けられている。各プローブ12~17は点対称位置に設けられているが、各々少しだけ回転することができ、試料を走査するプローブを取り替えて異なる方式で測定、同時にいろいろなポイントを測定等、多角的に試料を観察できる。各プローブ12~17は、各々の周囲に設けた電極に電圧を印加して静電的に回転駆動される。また、各アーム24~29は各々に形成したピエゾ素子により圧電駆動され、先端の各探針30~35の精密な位置決めを行なう。



【特許請求の範囲】

【請求項1】先端に探針を形成し且つピエゾ素子を積層したアーム部と内側を基板上に支持されたリング部とからなり、このリング部の外周に配した複数の電極に順次静電的に吸着されることで転動可能な複数のブローブを円周状に配置したマルチブローブヘッドであって、前記複数のブローブが各々前記転動動作によって回転移動し、試料上の複数の点において前記ピエゾ素子を駆動して前記探針が試料を走査することを特徴とする走査ブローブ顕微鏡のマルチブローブヘッド。

【請求項2】リング部の内側に、点対称に配され基板上に固定端を有する同一螺旋形状の複数の梁を備えたことを特徴とする請求項1記載の走査ブローブ顕微鏡のマルチブローブヘッド。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、例えばエッチングやリソグラフィなどの半導体プロセスによって作製されるマイクロアクチュエータに関し、特にその応用展開の1つとして考えられる走査ブローブ顕微鏡のマルチブローブヘッドに関するものである。

【0002】

【従来の技術】STM（走査型トンネル顕微鏡）に代表される走査ブローブ顕微鏡は、分解能が高く原理的に測定環境を選ばないことから、試料表面の微細形状の観察手段として近年急速に普及してきている。

【0003】中でもSTMの進歩は著しく、探針やカンチレバーをシリコン微細加工を用いて作製する研究も盛んに行なわれている。これは、機構部を超小型化して装置を小型化するとともに、機構部の共振周波数を高くすることで防振特性の向上をめざすものである。

【0004】この探針やカンチレバーを総称してブローブと呼ぶが、通常は別途配備したピエゾ素子により微小駆動される。そのためブローブが小さくなくても機構部全体はピエゾ素子の大きさで決定してしまう。

【0005】そこで最近では、カンチレバー上に薄膜ピエゾ素子を作製し、カンチレバーそのものを微小変形させることも研究されはじめており、既にいくつか研究成果も発表されている。

【0006】この従来の走査ブローブ顕微鏡のブローブとしては、例えば Akamineらの論文（"A planar Process for Microfabrication of a Scanning Tunneling Microscope", Sensors & Actuators, A21-23, pp.964-970, 1990.）に示されている薄膜ブローブが挙げられる。

【0007】図23はこの従来の薄膜ブローブの構成を示している。図23において、1はシリコン基板、2はカンチレバーであり、その先端には探針3が設けられている。カンチレバー2の寸法は、8（厚み）×200（幅）×1000（長さ）μmである。

【0008】カンチレバー2は、基本的に薄膜ピエゾ素

子4および5からなるバイモルフ構造である。薄膜ピエゾ素子4の上には電極6a～6cが設けられ、また、薄膜ピエゾ素子5の下には電極6a、6bとほぼ同一形状の電極7a、7bが設けられている。なお、薄膜ピエゾ素子4、5の間にも電極8が設けられ、探針3は電極6c上に構成されている。

【0009】各電極6a～6c、7a、7b、8には、図に示すようにそれぞれ配線がなされており、各パッドを通して任意に電圧を印加することができる。

10 【0010】図24～図28は以下に説明するこの薄膜ブローブの作製工程（a）～（e）を示す図である。作製にはエッチングやリソグラフィなどの一般的な半導体プロセスが用いられる。以下、工程図にしたがって簡単に作製方法を説明する。

【0011】（a）図24に示すように、シリコン基板1に裏面より異方性エッチングを用いて50～70μm厚のメンブレン9を形成する。

20 【0012】（b）図25に示すように、第1のAl薄膜を0.5μm厚だけ電子ビーム蒸着し、パターンニングを行なって、電極7a、7b（図示せず）を形成する。

【0013】（c）図26に示すように、電極7a、7bの上に、PECVDにより0.2μm厚の第1の窒化膜と、反応性スパッタリングにより3μm厚の第1の酸化亜鉛膜と、再び同様に0.2μm厚の第2の窒化膜とを重ねることによって、薄膜ピエゾ素子5を形成する。そして、窒化膜にはプラズマエッチングを、酸化亜鉛膜にはウェットエッチングをそれぞれ用いてパターンニングを行なう。

30 【0014】（d）図27に示すように、この薄膜ピエゾ素子5の上に、（b）と同様に第2のAl薄膜を蒸着して電極8を形成し、その上に、（b）と同様にPECVD及び反応性スパッタリングにより、第3の窒化膜と第2の酸化亜鉛膜と第4の窒化膜とを重ねて薄膜ピエゾ素子4を形成する。さらにその上に、（b）と同様に第3のAl膜を蒸着して電極6a～6c（6a以外図示せず）を形成する。

【0015】（e）図28に示すように、最後にメンブレン9をプラズマエッチングにより裏面から取り去って、図23に示すような構成が完成する。

【0016】次に、この薄膜ブローブの動作を図29～図32を用いて簡単に説明する。周知の如くピエゾ素子は電界の方向に応じて伸長または収縮する性質を持つため、電極8を接地した状態に保持しておき、電極6a、6b、7a、7bに正負の電圧を適当に印加することにより、薄膜ピエゾ素子4および5に与えられる電界を制御してカンチレバー2を自由に変形させることができる。

50 【0017】例えば図29に示すように、電極6a、6b、7a、7bに同極性の電圧を印加し、薄膜ピエゾ素

子4と5に同じ方向の電界を与えると、カンチレバー2全体がその長手方向（矢印X）に伸縮することになる。
 【0018】また、図30～図32に斜線で示す（例えば右上がりの細かい斜線を正、右下がりの粗い斜線を負）ように、各々の電極に正負の電圧を印加して薄膜ピエゾ素子4と5に与える電界を制御すれば、左右方向への変形（図30、矢印Y）、上下方向への変形（図31、矢印Z）、あるいはねじり（図32、矢印M）というように自由度の高い動きをカンチレバー2に与えることができる。

【0019】以上のように電極6a、6b、7a、7bに印加する電圧を制御することでカンチレバー2を自由に伸縮、変形させ、しかもピエゾ素子がきわめて高い分解能を持つことから、その先端の探針3を精密に駆動して、試料の走査をすることができる。

【0020】この結果、半導体プロセスを用いてシリコン基板上にピエゾ素子を積層した走査プローブ顕微鏡用の薄膜プローブを構成できることになり、走査プローブ顕微鏡の超小型化や高機能化に大きく貢献するものと期待されている。

【0021】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上記のような構成では、試料の異なる部分を測定するには薄膜プローブ全体をシリコン基板1ごと移動するか、試料を移動させる必要がある。またSTMだけではなく例えばAFM（原子間力顕微鏡）やMFM（磁気顕微鏡）といった他の方式の走査プローブ顕微鏡用の薄膜プローブを用いて、同一試料の同一表面を多角的に観察することはできないという課題を有していた。

【0022】本発明はかかる点に鑑み、超小型化や量産性に優れた半導体プロセスを用いて作製でき、移動可能な複数の薄膜プローブを同時に使用して、試料を移動させることなく、試料各部の表面を多角的に観察できる走査プローブ顕微鏡のマルチプローブヘッドを提供することを目的とする。

【0023】

【課題を解決するための手段】請求項1に記載の発明は、先端に探針を形成し且つピエゾ素子を積層したアーム部と内側を基板上に支持されたリング部とからなり、このリング部の外周に配した複数の電極に順次静電的に吸着されることで転動可能な複数のプローブを円周状に配置したマルチプローブヘッドであって、複数のプローブが各々転動動作によって回転移動し、試料上の複数の点においてピエゾ素子を駆動して探針が試料を走査することを特徴とする走査プローブ顕微鏡のマルチプローブヘッドである。

【0024】

【作用】請求項1に記載の発明は、リング部の外周に配した電極に選択的に電圧を印加してリング部を転動させ、プローブ全体を回転移動させる。このときアーム部

の先端に設けた探針はほぼ直線状の軌跡を描きながら移動する。したがって、試料上で探針が簡単に移動できることになり、円周状に配置された複数のプローブを効率よく取り替えたり、試料上で移動して複数の点を走査したりできる。

【0025】

【実施例】以下本発明の一実施例について図面を参照しながら説明する。

【0026】図1は本発明の実施例における走査プローブ顕微鏡のマルチプローブヘッドの構成を表わす平面図であり、図2はその動作を説明する拡大平面図である。大きさとしては、全体の外径で2～3mmという大変小さなものである。

【0027】図1に示すようにマルチプローブヘッド10は、シリコン基板11上に6本のプローブ12～17が円周上に配置されている。各々のプローブ12～17には駆動回路18～23が設けられており、配線も含めて、シリコン基板11上に各プローブ12～17とともに半導体プロセスを用いて作製されている。

【0028】11aはシリコン基板11の中央部分に設けられたキャビティであり、各プローブ12～17のアーム24～29の移動に支障が無いように構成されている。また、各アーム24～29の先端には各々探針30～35が設けられている。

【0029】図に示すように、各プローブ12～17は点対称な位置に設けられているが、各々少しだけ回転することができる。図ではプローブ15だけが反時計方向に約8度回転した状態を示しており、この結果、アーム27の先端に形成された探針34がちょうどキャビティ11aの中心点に存在している。この位置で探針34による試料（図示せず）の測定が可能である。他の探針30～33、35は一点鎖線で示された円周上に位置しており測定待機状態にある。

【0030】もちろん、各プローブ12～17の全てについて同様の操作が可能であり、プローブ15を時計方向に約8度回転させ、今度は例えばプローブ13を反時計方向に約8度回転して、アーム25の先端の探針32を中心点に移動させ、試料の測定を行なうことができる。

【0031】すなわち、プローブ13をプローブ15と異なる方式のプローブ（例えばプローブ13がSTM、プローブ15をAFM）として用意すれば、同一試料の同一場所を多角的に観察することが可能になる。

【0032】さて、この回転移動に関しては後に詳しく説明するが、駆動回路18～23によって各プローブ12～17の位置をかなり自由にコントロールできることを示している。しかも、回転移動経路の途中の点でも位置決めが可能であり、6本の探針30～35を試料のいろいろな点に同時に移動させることもできる。

【0033】図2にその様子を拡大して示すが、各アーム

ム24~29がその探針30~35の位置を各々設定しており、この場合はたとえ全てのプローブ12~17が同じ方式であったとしても、きわめてダイナミックな観察が可能になる。(図ではプローブ14及び15が図1と同じ状態であり、プローブ14、すなわちアーム26の先端に設けられた探針33だけは依然として待機状態である。)次に図3~図5を用いて各プローブ12~17の構成を詳細に説明するが、各々のプローブは12~17はすべて同じ構成であるので、代表してプローブ12のみについて説明を行なう。

【0034】図3はプローブ12の構成を表わす平面図である。また、図4は図3に示す切断線P-O-Qに関するT方向断面図であり、図5は同じく図3に示す切断線R-Sに関するU方向断面図である。

【0035】図3~図5に示したように、プローブ12は導電性を有する薄い板状の部材であり、鉤の手状に曲がったアーム24と一体的にリング36が設けられている。前記したようにプローブ12はその全体が回転するが、これはこのリング36において静電的に回転駆動されることによる。なお、アーム24は後述するピエゾ素子により圧電駆動される。

【0036】まずリング36周辺の構成を説明する。リング36の内周には幅が細く同一螺旋形状の3本の梁37a~37cが120度間隔で点対称に配置され、これらは一端をシリコン基板11上に植立したアンカー38に固定されている。つまりプローブ12は梁37a~37cによってアンカー38に弾性支持されることになる。

【0037】リング36外周のシリコン基板11上には、リング36と僅かな間隙を開けて円周状に9個の電極39a~39i(図4では39eのみ呈示)が設けられている。各電極の内周は39aを除いて全て同一の円弧形状をしている。ただし各電極は一定のピッチ角では配置されていない。

【0038】直線OB~OHは隣接する2つの電極の線対称となる基準線を表わすが、そのピッチ角である $\angle AOB$ 、 $\angle BOC$ 、 $\angle COD$ 、 $\angle DOE$ 、 $\angle EOF$ 、 $\angle FOG$ 、 $\angle GOH$ は一定ではない。なお、電極39a~39iにはそれぞれ駆動回路18から配線がなされており、電圧印加手段(図示せず)より任意に選択して電圧を印加することができる。

【0039】プローブ12は電極39aと対向する部分に凹状の位置規制部40を備えている。また電極39aもこの位置規制部40と係合し、プローブ12を案内するような凸形状を有する案内部41を備えている。さらに、電極39a~39iの内周には絶縁膜42a~42iが設けられ、リング36と直接電氣的に接触しないようになっている。

【0040】また、アンカー38とシリコン基板11との間にはリング36と略同一形状かつ導電性のシールド

層43が設けられ、リング36との間で常に電氣的な導通が得られるようになっている。なお、シリコン基板11の表面には絶縁層48が形成されている。

【0041】次にアーム24周辺の構成を説明するが、基本的な構成は従来例と等しい。すなわち、アーム24にはこれを上下から挟み込むように薄膜ピエゾ素子44および45が設けられている。さらに、薄膜ピエゾ素子44の上には電極46a~46cが設けられ、薄膜ピエゾ素子45の下には電極46aおよび46bとはほぼ同一形状の電極47aおよび47bが設けられている。また、電極46c上には円錐状の探針31が構成されている。

【0042】なお、電極46a~46c及び47a~47bには、図は省略するが電圧印加手段よりそれぞれ配線がされており、任意に選択して電圧を印加することができるように構成されている。

【0043】図6~図19は以下に説明するこのプローブ12の作製工程(a)~(o)を示す図である。作製にはエッチングやリソグラフィなどの一般的な半導体プロセスが用いられる。以下、工程図にしたがって簡単に作製方法を説明する。

【0044】(a)図6に示すように、シリコン基板11の表面に、熱成長させた1 μ m厚の酸化シリコン膜およびプラズマCVDで堆積させた1 μ m厚の窒化シリコン膜とを重ねることによって絶縁層48を形成する。

【0045】(b)図7に示すように、この絶縁層48の上にリンを十分に拡散させた0.35 μ m厚のLPCVD多結晶シリコン薄膜からなる導電層を形成し、パターンニングを行なってシールド層43とする。

【0046】(c)図8に示すように、犠牲層となる2.2 μ m厚の酸化シリコン膜49を堆積させる。

【0047】(d)図9に示すように、A1を0.5 μ m厚だけ電子ビーム蒸着し、パターンニングを行なって、電極47a、47b(図示せず)を形成する。

【0048】(e)図10に示すように、電極47a、47bの上に、プラズマCVDにより0.2 μ m厚の窒化膜と、反応性スパッタリングにより3 μ m厚の酸化亜鉛膜と、再び同様に0.2 μ m厚の窒化膜とを重ねることによって、薄膜ピエゾ素子45を形成する。そして、窒化膜にはプラズマエッチングを、酸化亜鉛膜にはウェットエッチングをそれぞれ用いてパターンニングを行なう。

【0049】(f)図11に示すように、犠牲層である酸化シリコン膜49に対して、電極固定部50とアンカー固定部51のパターンニングを行なう。

【0050】(g)図12に示すように、リンを十分に拡散させた2.5 μ m厚の多結晶シリコン層52をLPCVDにより堆積させる。

【0051】(h)図13に示すように、多結晶シリコン層52の上に、再びプラズマCVD及び反応性スパ

10

20

30

40

50

7

8

タリングにより、 $0.2\mu\text{m}$ 厚の窒化膜と $3\mu\text{m}$ 厚の酸化亜鉛膜と $0.2\mu\text{m}$ 厚の窒化膜とを重ねて薄膜ビエゾ素子44を形成する。そして同様に、プラズマエッチングあるいはウェットエッチングを用いてパターンニングを行なう。

【0052】(i) 図14に示すように、 $0.5\mu\text{m}$ 厚のA1膜を形成し、パターンニングを行なって、電極46a~46c(46bは図示せず)とを形成する。

【0053】(j) 図15に示すように、電極46cの先端に、リフトオフ法によって円錐状の探針31を形成する。

【0054】(k) 図16に示すように、反応性イオンエッチング(RIE)を用いて、多結晶シリコン層52をパターンニングし、図3、図4に示すブローブ12、梁37a~37c、アンカー38と電極39a~39i(図示は39eのみ)を形成する。このとき、アンカー38および電極39a~39iはシリコン基板11上に固定される。マスクにはパターンニングされた熱酸化膜を用いるため、この段階でブローブ12や梁37a~37c、および電極39a~39iの厚みは $2.2\mu\text{m}$ 程度になっている。また電極39a~39iの内径は、後の工程で形成される絶縁膜42a~42iの分だけ大きく設定されている。

【0055】(l) 図17に示すように、 $0.1\mu\text{m}$ の高温酸化膜とその上に $0.34\mu\text{m}$ 厚の窒化シリコン層を堆積させ、電極39a~39iの内周に絶縁膜42a~42i(図示は42eのみ)を形成するように、RIEによりパターンニングする。この段階でリング36と電極39a~39iとの設定クリアランスが得られることになる。

【0056】(m) 図18に示すように、犠牲層である酸化シリコン膜49を緩衝フッ酸(HF)で溶解し、ブローブ12と梁37a~37cとをシリコン基板11からリリースする。このとき、ここでは特に詳述しないが、薄膜ビエゾ素子44および45と絶縁膜42a~42iの周辺をあらかじめ被覆しておき、緩衝フッ酸による溶解を未然に防止する。

【0057】(n) 図19に示すように、最後にアーム24の下シリコン基板11をエッチングしてキャピティ11a形成することにより、図4に示すような構成が完成する。

【0058】次に、以上のように構成されたブローブ12の動作を図20~図22を用いて説明する。

【0059】まず、図20に示すように、電極39a、39bに同じ電圧を印加し励起すると、ブローブ12のリング36はこれら2つの電極39、39bに同時に静電的に吸引され、OA方向に絶縁膜42a、42bと接触するまで移動する。

【0060】このとき、ブローブ12の位置規制部40が電極39aに設けた案内部41と当接し、また、リン

グ36外周が電極39a、39bと密着することにより、ブローブ12は所定の位置に案内され初期化される。この結果、アーム24の先端に設けられた探針31は、図に示した53aの位置、すなわち、図1及び図2における測定待機状態(一点鎖線で示した円周上)の位置に案内される。

【0061】次に、図21に示すように、電極39aの励起を解除し電極39b、39cに電圧を印加すると、リング36は新たに励起された2つの電極39b、39cに静電的に吸引され、直線OBに関して対称な位置に転がりながら移動する。このとき、探針31は図に示した53bの位置、すなわち、図1及び図2における測定可能な状態(一点鎖線で示した円の内部)の位置に案内される。

【0062】このように励起する電極の組を1電極分だけ順にずらしていくと、リング36は励起された2つの電極に順次吸引されながら矢印J方向に公転する。しかし、リング36は電極39a~39iに対して転がり接触しながら移動するため、その外周と電極39a~39iの内周との長さの差の分だけ自転することになる。そして、その自転方向は公転方向とは逆の矢印K方向となる。

【0063】この動作はいわゆるウォブル駆動方式であり、公転に対して自転の回転数が非常に小さくなるため、減速されたのと同じ効果が得られ、自転に関する回転トルクがその減速比に比例して大きくなるという特徴がある。

【0064】そして、図22に示すように、最終的に電極39h、39iに電圧を印加すると、リング36は直線OHに関して対称な位置まで移動する。このとき、探針31は図に示した53hの位置、すなわち、図1及び図2における測定可能な状態の中心位置(一点鎖線で示した円の中心)まで案内される。このように、リング36の転動運動がアーム24先端の略直線運動に効率よく変換される。

【0065】ここで、電極39b~39iが同一円弧形状であるため、隣接する電極に同じ大きさの電圧を印加すれば、リング36はこの2つの電極のほぼ中心に静電吸引されることになる。したがって、励起する電極の組を1電極分だけずらすことにより、リング36をステップ状に回転駆動することができる。

【0066】さらに、隣接する電極のピッチ角を変化させ、リング36の回転角を適宜変化させることで、アーム24の先端を所定の方向(例えば図のL方向)に対して等ピッチで送ることも可能となる。このようにして、探針31を図22に示す53a(待機位置)~53h(中心位置)に、L方向に関して等ピッチで案内する確実な位置決め機構を実現することができる。

【0067】また、リング36が電極39a~39iと転がり接触しながら回転駆動されるウォブル駆動方式で

あるため、摩擦の影響が極めて小さくなり、摩擦に伴う特性劣化も少なく長寿命化が図れる。

【0068】なお、リング36は梁37a~37cによりアンカー38に弾性的に支持されているが、梁37a~37cが変形することで所定角度分だけ自転することができる。図に示したように、梁37a~37cの幅を細くして剛性を下げ、形状を螺旋状として十分に長さを確保すれば、これらの弾性変形は可能となる。

【0069】この弾性的な付勢力を持つ梁37a~37cには、プローブ12を常に安定した状態に保つ効果が期待できる。すなわち、適度な付勢力による運動の安定性と各電極39a~39iへの通電を遮断した場合の元の位置への復帰動作である。しかも、図4に示したようにプローブ12とシリコン基板11上のシールド層43との導通が梁37a~37cを通じて確実に得られるため、プローブ12とシールド層43とが常時同電位に保たれ、信頼性の高い駆動特性が得られるという利点も生じる。

【0070】このように、リング36を所定の角度だけ回転駆動してプローブ12全体の位置決めを行なった後、こんどは薄膜ピエゾ素子44、45を駆動してアーム24先端の微細な位置決めを行なう。

【0071】以下に再び図5を用いてその動作を簡単に説明するが、この部分に関しては、構成もそうであったように基本的に従来例と同じである。

【0072】すなわち、アーム24を接地し、電極46a、46b、47a、47bに印加する電圧を制御することにより、薄膜ピエゾ素子44、45を自由に変形させ、アーム24の先端に設けた探針31の位置決めを行なう。

【0073】例えば、薄膜ピエゾ素子44、45にそれぞれ反対方向の電界を与えると、アーム24は上下方向にたわみ、探針31をシリコン基板11に垂直な方向に対して高精度に位置決めすることができる。

【0074】また、薄膜ピエゾ素子44、45に同方向の電界を与えれば、アーム24はその長手方向に伸縮し、薄膜ピエゾ素子44、45の左右でそれぞれ反対方向の電界を与えれば、アーム24を左右に変形することができるので、探針31をシリコン基板11と平行な平面内において高精度に位置決めすることもできる。

【0075】この結果、プローブ12の位置決めを行なうとともに、薄膜ピエゾ素子44、45による、探針31の任意の位置への微細な位置決めが可能になる。

【0076】

【発明の効果】以上説明したように、本発明の構成によれば、超小型化や量産性に優れた半導体プロセスを用いて作製でき、移動可能な複数の薄膜プローブを同時に使用して、試料を移動させることなく、試料各部の表面を多角的に観察できる走査プローブ顕微鏡のマルチプローブヘッドを提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の走査プローブ顕微鏡のマルチプローブヘッドの一実施例の構成を示す平面図

【図2】本発明の走査プローブ顕微鏡の一実施例の動作を説明する示す拡大平面図

【図3】本発明の走査プローブ顕微鏡の一実施例の構成要素であるプローブの構成を示す平面図

【図4】本発明の走査プローブ顕微鏡の一実施例の構成要素であるプローブの断面図

10 【図5】本発明の走査プローブ顕微鏡の一実施例の構成要素であるプローブの断面図

【図6】本発明の走査プローブ顕微鏡の一実施例の構成要素であるプローブの作製工程図

【図7】本発明の走査プローブ顕微鏡の一実施例の構成要素であるプローブの作製工程図

【図8】本発明の走査プローブ顕微鏡の一実施例の構成要素であるプローブの作製工程図

【図9】本発明の走査プローブ顕微鏡の一実施例の構成要素であるプローブの作製工程図

20 【図10】本発明の走査プローブ顕微鏡の一実施例の構成要素であるプローブの作製工程図

【図11】本発明の走査プローブ顕微鏡の一実施例の構成要素であるプローブの作製工程図

【図12】本発明の走査プローブ顕微鏡の一実施例の構成要素であるプローブの作製工程図

【図13】本発明の走査プローブ顕微鏡の一実施例の構成要素であるプローブの作製工程図

【図14】本発明の走査プローブ顕微鏡の一実施例の構成要素であるプローブの作製工程図

30 【図15】本発明の走査プローブ顕微鏡の一実施例の構成要素であるプローブの作製工程図

【図16】本発明の走査プローブ顕微鏡の一実施例の構成要素であるプローブの作製工程図

【図17】本発明の走査プローブ顕微鏡の一実施例の構成要素であるプローブの作製工程図

【図18】本発明の走査プローブ顕微鏡の一実施例の構成要素であるプローブの作製工程図

【図19】本発明の走査プローブ顕微鏡の一実施例の構成要素であるプローブの作製工程図

40 【図20】本発明の走査プローブ顕微鏡の一実施例のプローブの動作説明図

【図21】本発明の走査プローブ顕微鏡の一実施例のプローブの動作説明図

【図22】本発明の走査プローブ顕微鏡の一実施例のプローブの動作説明図

【図23】従来の薄膜プローブの構成図

【図24】従来例の薄膜プローブの作製工程図

【図25】従来例の薄膜プローブの作製工程図

【図26】従来例の薄膜プローブの作製工程図

50 【図27】従来例の薄膜プローブの作製工程図

11

12

【図28】従来例の薄膜プローブの作製工程図

【図29】従来例の薄膜プローブの動作説明図

【図30】従来例の薄膜プローブの動作説明図

【図31】従来例の薄膜プローブの動作説明図

【図32】従来例の薄膜プローブの動作説明図

【符号の説明】

10 マルチプローブヘッド

12、13、14、15、16、17 プローブ

(7)

* 24、25、26、27、28、29 アーム

30、31、32、33、34、35 探針

36 リング

37a、37b、37c 梁

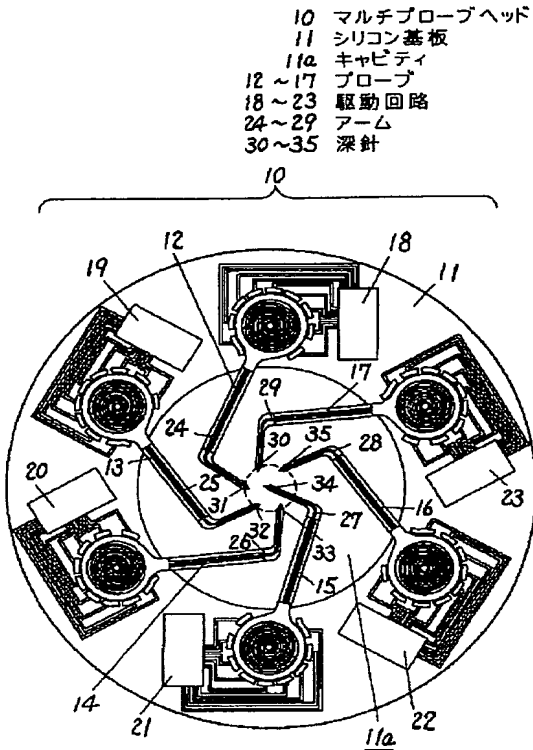
39a、39b、39c、39d、39e、39f、3

9g、39h、39i、46a、46b、46c、47

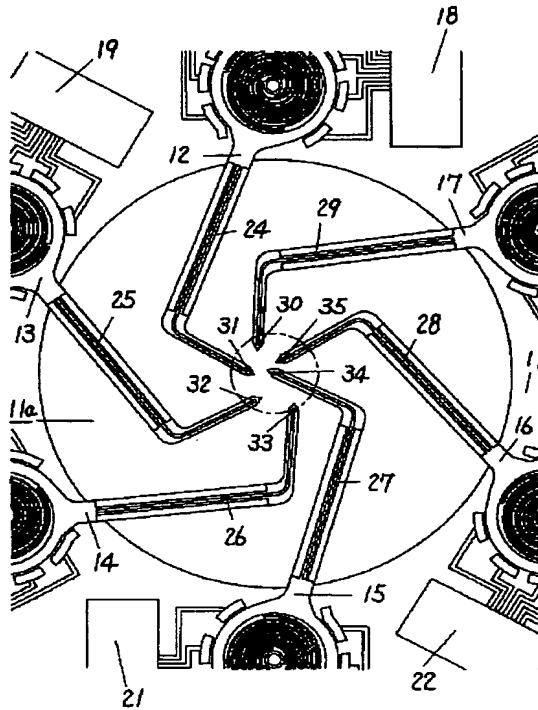
a、47b 電極

* 44、45 薄膜ピエゾ素子

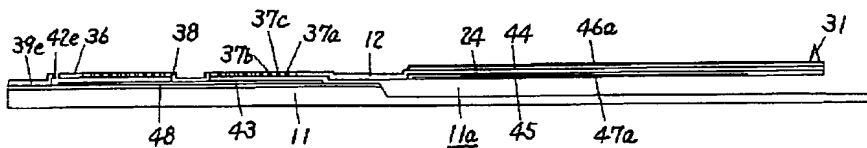
【図1】



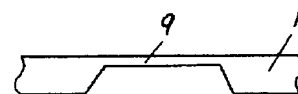
【図2】



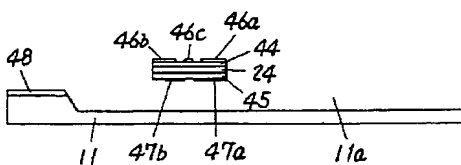
【図4】



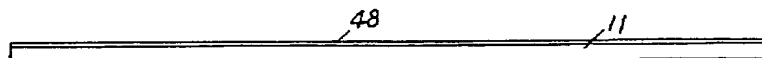
【図24】



【図5】



【図6】



【圖 23】

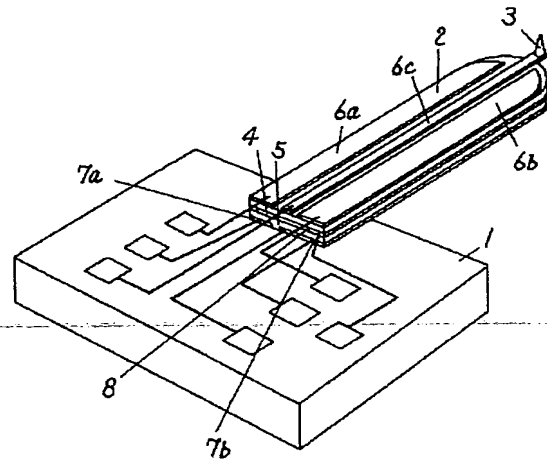


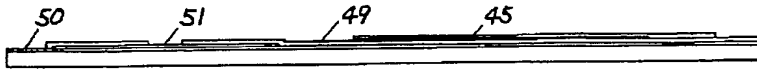
Fig. 1

43 49 48

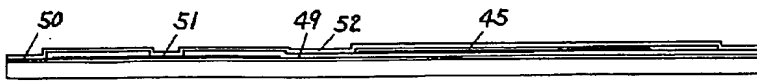
A cross-sectional view of a multi-layered structure. A central layer is labeled 49. To its right, a slightly thicker layer is labeled 47a. The layers are stacked horizontally, with the 49 layer appearing to be on top of the 47a layer in this section.

A line drawing of a geological profile. It shows a horizontal layer with two labels, '47a' and '45', pointing to different parts of the layer. The layer is depicted with some internal texture and is positioned above a more irregular, possibly eroded, surface.

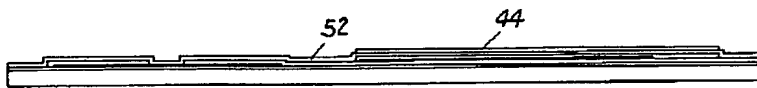
【図11】



【図12】



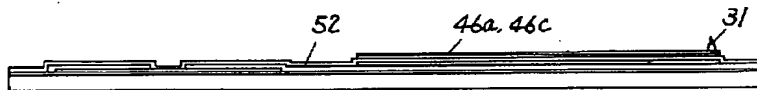
【図13】



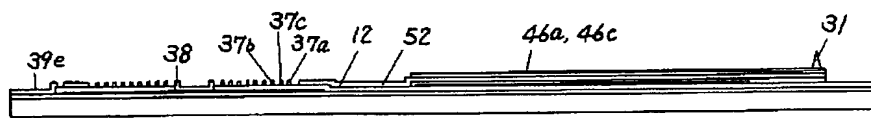
【図14】



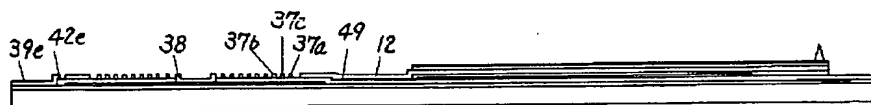
【図15】



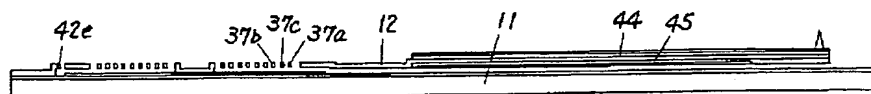
【図16】



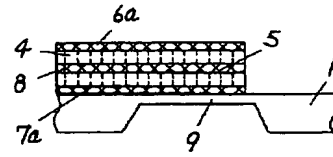
【図17】



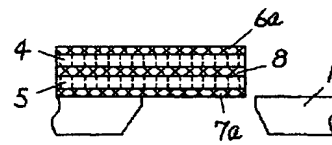
【図18】



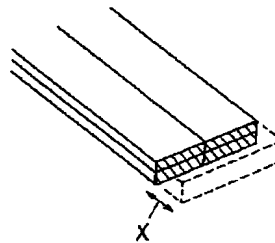
【図27】



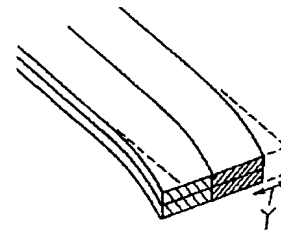
【図28】



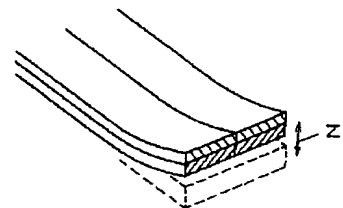
【図29】



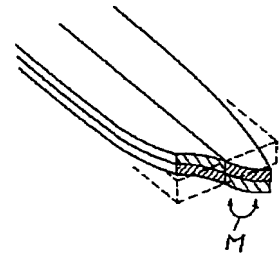
【図30】



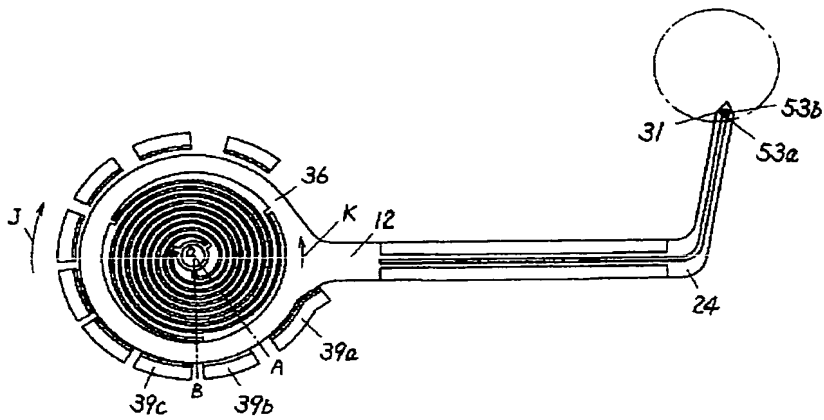
【図31】



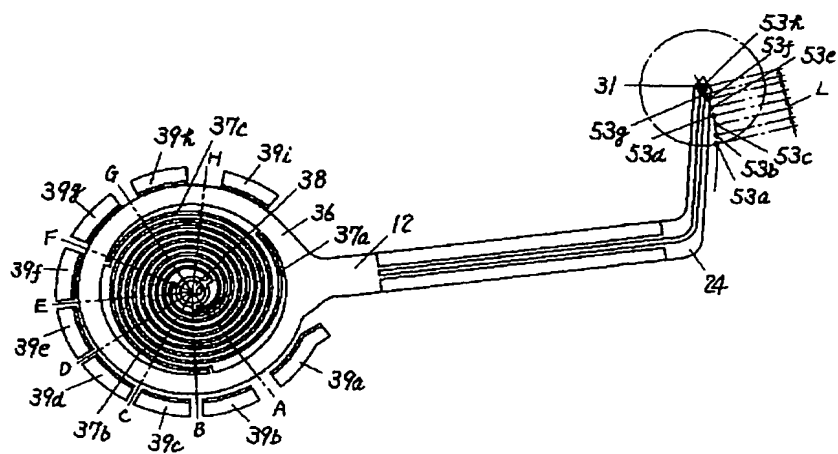
【図 3 2】



【図21】



【図22】



THIS PAGE BLANK (USPTO